

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Zařízení pro rovnání cyklistických převodníků

Bicycle Derailleurs Straightening Device

Student:

Aleš Kratochvíl

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Miroslav Burián

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra částí a mechanismů strojů

## Zadání bakalářské práce

Student: **Aleš Kratochvíl**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení  
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin  
Téma: **Zařízení pro rovnání cyklistických převodníků**  
**Bicycle Derailleurs Straightening Device**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhněte zařízení, které má sloužit k rovnání převodníků při repasi a údržbě různých typů jízdních kol.

Proveďte rešerši v oblasti používaných cyklistických převodníků.

Zpracujte konstrukční návrh zařízení s ohledem na jeho rozměrovou variabilitu.

Návrh podložte pevnostními výpočty nosných částí konstrukce.

Nakreslete výkres sestavení formátu A1 a dva dílenské výkresy vybraných dílů dle pokynů vedoucího práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I – Spojovací části strojů*. Montanex a.s. Ostrava, 2000.

BOHÁČEK, F.: *Části a mechanismy strojů I - Spoje*. VUT Brno, 1987.

BOLEK, A. A KOL.: *Části strojů - svazek 1*. SNTL Praha, 1990.

NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.

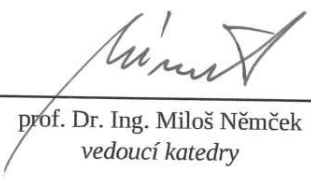
KŘÍŽ, R.: *Strojnické tabulky II - Pohony*. Montanex a.s., Ostrava, 2002.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milena Hrudíčková, Ph.D.**


Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



---

prof. Dr. Ing. Miloš Němček  
vedoucí katedry



---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty



**Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ..... 16.5.2016 .....

.....  
podpis studenta



### Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě ..... 16.5.2016

.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Aleš Kratochvíl

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Lichnov 225, psč: 793 15

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KRATOCHVÍL, A. *Zařízení pro rovnání cyklistických převodníků : bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2016, 54 s. Vedoucí práce: Ing. Burián M.

Bakalářská práce se zabývá problémem návrhu zařízení pro rovnání cyklistických převodníků. První část práce je věnována druhům cyklistických převodníků a způsobu možného poškození převodníků. Následně se práce věnuje uchycení převodníků a uchycení celku klik k rámu kola pomocí normalizovaných prvků. Další částí práce je návrh konstrukce samotného zařízení, potřebných prvků a možných způsobů měření nerovností převodníků. Součástí návrhu jsou také návrhové a pevnostní výpočty jednotlivých částí zařízení. Výsledkem práce je kompletní návrh mechanismu pro rovnání cyklistických převodníků, jehož součástí jsou také výkresy sestavení celého mechanismu, rovnacího nástroje, výrobní výkres vyměnitelné kostky a výrobní výkres páky upínáku.

## ANNOTATION OF BACHELOR THEISIS

KRATOCHVÍL, A. *Bicycle Derailleurs Straightening Device : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2016, 54 p. Thesis head: Burián M.

The Bachelor Thesis deals with the problem of *Bicycle Derailleurs Straightening Device*. The first part is devoted kinds of cycling derailleur and method of possible damage to the derailleurs. Subsequently, the work devoted to mount derailleurs and mounting unit handles the bike frame using standardized elements. Another part is the structural design of the device itself, the necessary elements and possible ways of measuring inequality derailleurs. Part of the proposal also design and strength calculations of individual parts. The result is a complete design of the mechanism for straightening cycling derailleur, which also includes blue print design of the whole mechanism, repairing tool and drawing interchangeable cubes.

# Obsah

Seznam použitých značek a symbolů .....	9
Úvod .....	13
1. Cyklistické převodníky .....	14
1.1 Druhy převodníků .....	15
1.2 Uchycení převodníků .....	16
1.3 Speciální tvary převodníků .....	17
1.4 Materiály používané při výrobě převodníků .....	17
2. Poškození cyklistických převodníků .....	18
2.1 Vznik poškození .....	18
2.2 Příklady poškození .....	18
2.3 Rovnání cyklistických převodníků .....	19
2.4 Způsoby ochrany převodníku .....	19
3. Uložení klik v rámu jízdního kola .....	21
3.1 Uložení obecně .....	21
3.2 Základní typy středových složení .....	21
3.2.1 Hollowtech II .....	21
3.2.2 ISIS .....	22
3.2.3 Čtyřhran .....	23
3.2.4 Octalink .....	23
3.3 Uložení středového složení v rámu kola .....	24
4. Konstrukční řešení rovnacího zařízení .....	25
4.1 Popis funkce zařízení .....	25
4.2 Výpočet síly potřebné při rovnání převodníku .....	26
4.2.1 Výpočet rovnacího momentu .....	26
4.2.2 Výpočet síly působící na páku .....	27
5. Základna zařízení .....	28

5.1 Návrh materiálů pro části .....	29
5.2 Návrh šroubového upnutí .....	29
5.2.1 Výpočet upínací síly .....	29
5.2.2 Návrh rozměrů lichoběžníkového šroubu.....	30
5.3 Kontrola ramene svorky .....	31
5.3.1 Kontrola svaru v místě A-A.....	31
5.3.2 Kontrola ramene v místě A-A.....	32
5.3.3 Kontrola svaru v místě B-B.....	32
5.3.4 Kontrola ramene v místě B-B.....	33
5.4 Kontrola nohy svorky .....	33
5.4.1 Kontrola svaru nohy .....	33
5.4.2 Kontrola nohy .....	34
6. Vyměnitelná kostka .....	35
6.1 Návrh kostky .....	35
6.2 Upínání kostky .....	36
6.2.1 Výpočet upínací síly .....	37
6.2.3 Návrh a kontrola čepu upínáku .....	39
7. Měření nerovnosti převodníku .....	40
7.1 Číselníkový indikátor.....	40
7.2 Uchycení indikátoru .....	40
7.3 Speciální dotyk indikátoru .....	41
7.4 Návrh dotyku.....	42
8. Rovnací nástroj .....	44
8.1 Návrh rovnacího nástroje .....	44
8.2 Výpočet rovnacího nástroje.....	44
8.2.1 Výpočet síly působící na čelisti.....	45
8.2.2 Kontrola pohybového šroubu.....	45
8.2.3 Kontrola matice .....	46

8.2.4 Kontrola pevné čelisti na ohyb.....	47
8.2.5 Kontrola šroubu nástroje .....	47
9. Závěr.....	50
Literatura.....	51
Přílohy.....	53

## Seznam použitých značek a symbolů

symbol	význam	jednotky
$F$	síla působící na páku nástroje	N
$F_1$	síla působící na čelisi	N
$F_3$	síla ve šroubu	N
$F_{IU}$	síla na rameni upínáku	N
$F_o$	osová síla ve šroubu	N
$F_p$	posuvná síla lidské paže	N
$F_{ps}$	předpětí ve šroubu	N
$F_{Rs}$	reakční síla na sílu ve šroubu	N
$F_{Ru}$	reakční síla na sílu upínací	N
$F_s$	síla v trapézovém šroubu	N
$F_t$	třecí síla na desce stolu	N
$F_U$	upínací síla	N
$H_1$	výška závitu	mm
$M_o$	ohybový moment	N·mm
$M_{oF1}$	moment od síly $F_1$	N·mm
$M_{oFs}$	ohybový moment od síly šroubu	N·mm
$M_R$	rovnací moment převodníku	N·mm
$M_{RAI}$	rovnací moment převodníku ze slitiny hliníku	N·mm
$M_{Ro}$	rovnací moment převodníku z oceli	N·mm
$M_{RU}$	upínací moment	N·mm
$M_{tč}$	třecí moment v čepu	N·mm
$M_{tu}$	ztrátový třecí moment upínáku	N·mm
$M_U$	utahovací moment šroubu	N·mm
$Re_{11353}$	mez kluzu materiálu 11353	N·mm

$Re_{11500}$	mez kluzu materiálu 11500	MPa
$Re_{8.8}$	mez kluzu šroubu	MPa
$W_o$	modul průřezu v ohybu	mm <sup>3</sup>
$W_{oA}$	modul průřezu A v ohybu	mm <sup>3</sup>
$W_{oAs}$	modul průřezu svaru A v ohybu	mm <sup>3</sup>
$W_{oB}$	modul průřezu B v ohybu	mm <sup>3</sup>
$W_{oBs}$	modul průřezu svaru B v ohybu	mm <sup>3</sup>
$W_{o\check{c}}$	modul průřezu čelisti v ohybu	mm <sup>3</sup>
$W_{on}$	modul průřezu nohy v ohybu	mm <sup>3</sup>
$W_{os}$	modul průřezu šroubu v ohybu	mm <sup>3</sup>
a, b, t	rozměry převodníku	mm
$a_{\check{c}}, b_{\check{c}}, l_0, l_2, l_3$	rozměry čelisti	mm
$a_n, h_c$	výšky průřezů ramene	mm
$a_s$	tloušťka svaru	mm
$a_u, b_u, l_u$	rozměry upínáku	mm
$d_{1tr}$	jmenovitý průměr lichoběžníkového šroubu	mm
$d_{1M}$	jmenovitý průměr metrického šroubu	mm
$d_{2\ 16}$	střední průměr závitu	mm
$d_{2\ tr}$	střední průměr závitu	mm
$d_3$	malý průměr závitu	mm
$d_{3\ tr}$	malý průměr závitu	mm
$d_{\check{c}}$	průměr čepu	mm
$f_{\check{c}}$	součinitel čepového tření	-
$f_{do}$	součinitel tření mezi deskou stolu a základnou	-
$f_t$	součinitel tření	-
$f_z$	součinitel tření mezi závity šroubu a matice	-

$h_a, h_b$	výšky průřezů ramene	mm
$h_m$	výška matice	mm
$k_3, k_4$	převodní součinitele koutových svarů	-
$k_s$	výsledná bezpečnost šroubu	-
$k_{sm}$	bezpečnost šroubu	-
$k_{sv}$	bezpečnost svaru	-
$l_1$	rameno ohybu čelistí	mm
$l_a, l_b$	vzdálenost kontrolovaných míst ramene	mm
$l_c$	celkový rozměr páky	mm
$l_e$	vzdálenost páky excentru	mm
$l_p$	délka páky	mm
$l_s$	výpočtové rameno ohybu	mm
$p_{\check{c}}$	otlačení čepu	MPa
$p_{D\check{c}}$	dovolené otlačení čepu	MPa
$p_{Dtr}$	dovolené otlačení šroubu	MPa
$p_{h16}$	otlačení šroubu	MPa
$p_{htr}$	otlačení závitu šroubu	MPa
$r$	rameno upínáku	mm
$t_{Al}$	tloušťka převodníku ze slitiny hliníku	mm
$t_o$	tloušťka převodníku z oceli	mm
$t_s$	tloušťka ramene	mm
$z_{tr}$	počet závitů matice	-
$\alpha_m$	vrcholový úhel metrického závitu	°
$\alpha_{tr}$	vrcholový úhel lichoběžníkového závitu	°
$\beta$	koeficient vlivu krutu na tvar	-
$\sigma_{Do}$	dovolené napětí v ohybu	MPa



$\sigma_{Do11500}$	dovolené napětí v ohybu pro ocel 11500	MPa
$\sigma_{DoAl}$	dovolené napětí v ohybu hliníkové slitiny	MPa
$\sigma_{Doo}$	dovolené napětí v ohybu ocelového převodníku	MPa
$\sigma_o$	napětí v ohybu	MPa
$\sigma_{oA}, \sigma_{oB}$	napětí v ohybu průřezů A a B	MPa
$\sigma_{on}$	ohybové napětí nohy základny	MPa
$\sigma_{redA}$	redukované napětí ve svaru A	MPa
$\sigma_{redB}$	redukované napětí ve svaru B	MPa
$\sigma_{redn}$	redukované napětí ve svaru nohy základny	MPa
$\sigma_{redM}$	redukované napětí ve šroubu	MPa
$\sigma_{tM}$	tahové napětí ve šroubu	MPa
$\tau_{//A}$	smykové napětí ve svaru A	MPa
$\tau_{\perp A}$	ohybové napětí ve svaru A	MPa
$\tau_{//B}$	smykové napětí ve svaru B	MPa
$\tau_{\perp B}$	ohybové napětí ve svaru A	MPa
$\tau_{\perp n}$	ohybové napětí ve svaru nohy základny	MPa
$\tau_{Dsč}$	dovolené smykové napětí v čepu	MPa
$\tau_{kM}$	napětí v krutu šroubu	MPa
$\tau_{sč}$	smykové napětí v čepu	MPa
$\varphi'_M$	třecí úhel závitu šroubu čelisti	°
$\varphi'_{tr}$	třecí úhel závitu pohybového šroubu Tr16	°
$\varphi'_s$	třecí úhel závitu pohybového šroubu Tr20	°
$\psi_M$	úhel stoupání závitu šroubu čelisti	°
$\psi_{tr}$	úhel stoupání závitu pohybového šroubu Tr16	°
$\psi_s$	úhel stoupání závitu pohybového šroubu Tr20	°

# Úvod

Bakalářská práce se zabývá problematikou rovnání poškozených cyklistických převodníků. Výsledkem práce je kompletní návrh zařízení, které slouží k přesnému rovnání převodníků.

Výrazem cyklistický převodník je myšleno přední řetězové kolo jízdního kola. Převodník je jedním z nejdůležitějších komponentů pohonu jízdního kola, slouží k přenosu točivého momentu vytvořeného lidskou silou na řetěz a z něj dále na pastorky zadního kola resp. zadní kolo. Velikost převodníku nám velkou mírou určuje velikost výsledného převodu pohonu jízdního kola. Vzhledem k jeho rozměrům a umístění na exponovaném místě jízdního kola, může dojít k jeho poškození a následným nežádoucím účinkům na jízdní vlastnosti kola.

Rozměry a uchycení převodníků se liší svým designem podle cyklistické disciplíny, pro kterou je jízdní kolo určeno. Tyto uchycení jsou v dnešní době shrnuty do standardů, které jsou patentovány jednotlivými výrobci komponentů jízdních kol.

Poškození převodníků může nastat mnoha způsoby a může být různého charakteru. V následující práci je tento problém podrobně analyzován a výsledkem práce je jeho řešení.

# 1. Cyklistické převodníky

Slovem převodník nazýváme přední řetězové kolo jízdních kol, u kterých je přenos krouticího momentu realizován pomocí řetězového převodu, viz obrázek 1.1.



Obrázek 1.1 Jízdní kolo s řetězovým převodem [20]

Převodník nám velkou mírou přispívá k velikosti výsledného převodového poměru. Na běžných jízdních kolech se nachází jeden až tři převodníky, mezi nimiž je možné během jízdy přerazovat pomocí mechanického měniče (přesmykače). Přesmykač je vyobrazen na obrázku 1.2



Obrázek 1.2 Přesmykač [13]

## 1.1 Druhy převodníků

Cyklistické převodníky prošly postupem času mnoha inovacemi pro zlepšení jejich funkce a jejich vlastností. Různé technologie a inovace převodníků jsou vytvářeny primárně pro závodní účely, kde jsou testovány v těch nejtěžších podmínkách. Poté se tyto technologie začínají dostávat na běžně dostupné komponenty jízdních kol pro širokou veřejnost.

V dnešní době rozlišujeme dva základní typy převodníků. Prvním typem jsou převodníky určené pouze pro jeden převod, takový převodník můžeme vidět na obrázku 1.3. Tento převodník se vyznačuje jednoduchým tvarem a vysokými zuby. Vysoké zuby nám zaručují lepší vedení řetězu po řetězovém kole a tím zabraňují spadnutí řetězu z převodníku při otřesech, které vznikají při přejíždění nerovností. [17]



Obrázek 1.3 Převodník určený pro jeden převod [8]

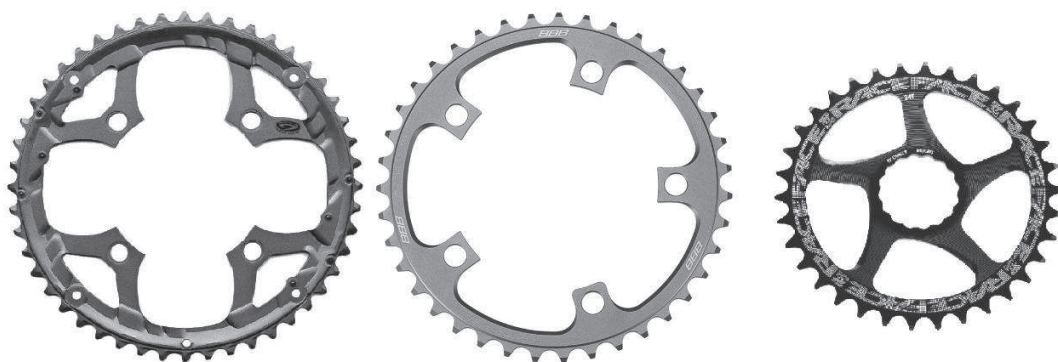
Druhým typem jsou převodníky určené k řazení. Tyto převodníky mají nižší zuby, které jsou po obvodě postupně tvarovány, aby zajistily plynulý pohyb řetězu při řazení jednotlivých převodů. Plynulosti řazení dále napomáhá i tvar těla převodníku, který má na sobě řadu prolisů a vyhazovacích čepů. Všechny tyto prvky jsou viditelné na obrázku 1.4. [17]



Obrázek 1.4 Převodník určený pro pohon s více převody [10]

## 1.2 Uchycení převodníků

Převodníky můžeme dělit dle uchycení ke klikám jízdního kola na tři nejpoužívanější typy. U prvních dvou typů je uchycení realizováno pomocí šroubů, třetím typem je uchycení tvarové. Při uchycení šrouby je nejběžnější použití čtyř šroubů na roztečné kružnici o průměru 104mm, toto uchycení se používá u MTB kol. Pro jízdní kola určená k silničním disciplínám se používá pěti šroubů na roztečné kružnici 110, nebo 130mm. Nově se na trhu začínají objevovat tvarová uchycení převodníků, toto uchycení má výhodu absence šroubů a tedy i nižší hmotnosti. Možností uchycení se používá mnoho, v následujícím obrázku 1.5 jsou pro srovnání tři nejběžnější způsoby.



Obrázek 1.5 Základní typy uchycení převodníků, zleva: uchycení čtyřmi šrouby, uchycení pěti šrouby, převodník s tvarovým uchycením "direct mount" [11]

### 1.3 Speciální tvary převodníků

Cílem vývoje tvaru převodníků je optimalizování výkonu jezdce a snižování váhy. Síla jezdce není v celém záběru do pedálu konstantní, proto je dnes běžným řešením ve vrcholové cyklistice použití oválného, nebo jinak tvarovaného převodníku, tímto je docíleno optimálního rozložení síly během záběru do pedálů, viz obrázek 1.6.



S

Obrázek 1.6 Speciální tvary převodníků [11]

### 1.4 Materiály používané při výrobě převodníků

Nejstarším materiálem pro výrobu cyklistických převodníků je ocel, ta se ve vysoké míře používá i dnes, ale pomalu ji začínají vytlačovat materiály, jako jsou vysoko-pevnostní slitiny hliníku nebo kompozitní materiály. Hlavním důvodem k použití slitin hliníku a kompozitních materiálů je jejich nízká hmotnost při zachování vysoké pevnosti a odolnosti. Na obrázku 1.7 je vyobrazen převodník vyrobený z karbonových vláken. [7]



Obrázek 1.7 Převodníky z karbonových vláken [7]



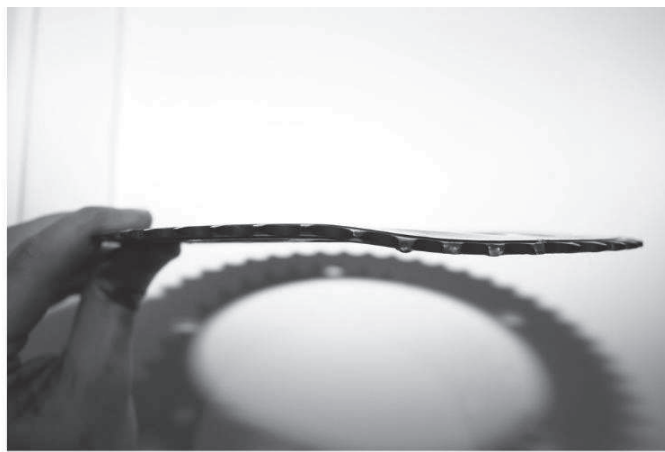
## 2. Poškození cyklistických převodníků

### 2.1 Vznik poškození

K poškození převodníku může dojít hned několika způsoby. Vzhledem k exponované pozici převodníku na jízdním kole je běžné, že během užívání dojde k jeho poškození. Nejčastější příčinou vzniku poškození převodníku bývá nehoda, při které dojde k pádu kola přímo na převodník. Další méně častou příčinou může být ohnutí převodníku při silném záběru cyklisty. K poškození dochází běžně také při skladování jízdního kola, kdy může dojít k poškození cizím předmětem, nebo neopatrným zacházením s jízdním kolem.

### 2.2 Příklady poškození

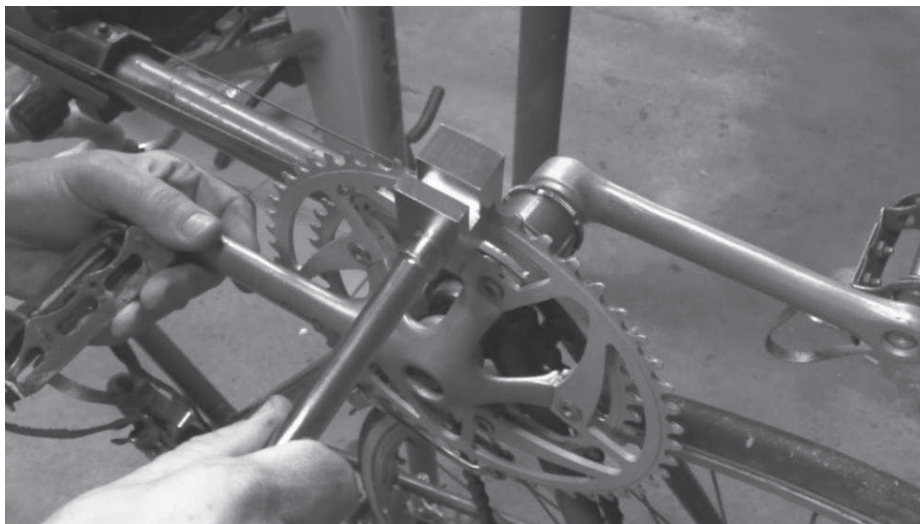
Poškození převodníku je například opotřebení nebo vylomení zubu převodníku. Zmíněné druhy poškození, ale nebereme v potaz. Tato práce se zaměřuje na tvarové deformace převodníku tj. jeho ohnutí nebo jiná odchylka od běžného tvaru. Příklady takového poškození můžeme vidět na obrázku 2.1. Takovéto deformace převodníku s sebou nesou také deformace kliky, proto je nutné, aby následná náprava neprobíhala pouze na převodníku, ale i na klice.



Obrázek 2.1 Příklady poškození cyklistických převodníků [15]

### 2.3 Rovnání cyklistických převodníků

Zatím není na trhu žádné sofistikované zařízení pro rovnání převodníků. Rovnání se provádí běžným dílenským nářadím, jako jsou klíč, kladivo nebo jednoduchými nástroji pro rovnání, viz obrázek 2.2. Tato metoda není příliš vhodná, protože se neprovádí žádná kontrola přesnosti. Přesnost se kontroluje pouze vizuálně. Navíc se rovnání provádí přímo na jízdním kole, které není možné dostatečně upevnit. [6]



Obrázek 2.2 Rovnání převodníku pomocí jednoduchého nástroje [14]

### 2.4 Způsoby ochrany převodníku

Existují různé druhy komponentů, které nám chrání převodník před možnými způsoby poškození. Takovým komponentem je například rockring, rockring je vyobrazen na obrázku 2.3. Dalším používaným ochranným prvkem je chránič převodníku na obrázku 2.4. Nicméně tyto ochranné komponenty se používají pouze u jízdních kol určených pro extrémní disciplíny, jako je sjezd horských kol, nebo enduro. V ostatních disciplínách jsou kladeny vysoké požadavky na nízkou hmotnost, proto se tyto komponenty nepoužívají a riziko poškození je vyšší.





Obrázek 2.3 Ochrana převodníku pomocí rockringu [9]



Obrázek 2.4 Plastový chránič převodníku [16]

### 3. Uložení klik v rámu jízdního kola

#### 3.1 Uložení obecně

Kliky jízdního kola, na kterých jsou připevněny převodníky, jsou spojeny pomocí osy. Osa je uložena ve valivých ložiscích. Ložiska jsou nejčastěji nalisována v ložiskovém tělese, toto těleso nazýváme miska. Celek tvořený dvěma miskami (pravou a levou), ložisky, popřípadě i osou nazýváme středové složení. Příklad středového složení je na obrázku 3.1. Středové složení je pevně spojeno s rámem jízdního kola.



Obrázek 3.1 Příklad středového složení [12]

#### 3.2 Základní typy středových složení

Existuje mnoho typů středových složení, ale v drtivé většině případů se z důvodů kompatibility komponentů jednotlivých výrobců používají čtyři základní typy středových složení. Ostatní typy se vyskytují pouze v kusové výrobě speciálních jízdních kol malých výrobců, nebo na prototypech kol určených pro testování nových technologií. Jednotlivé typy středových složení jsou dále rozepsány v následujících podkapitolách.

##### 3.2.1 Hollowtech II

Systém uložení klik hollowtech II byl vyvinut ve společnosti Shimano a následně byl přejat spoustou jiných výrobců. Tento systém je dnes nejrozšířenější. Jedná se o osu, která je pevně spojena s pravou klikou a prochází celým středovým složením, viz obrázek 3.2. Na opačném konci je pomocí jemného drážkování spojena s levou klikou a pojištěna šroubem. Průměr osy je 24mm a její délka může být různá v závislosti na šířce středového složení.



Obrázek 3.2 Kliky a středové složení systému Hollowtech II [12]

### 3.2.2 ISIS

Provedení ISIS bylo vyvinuto ve společnosti Truvativ. Jedná se o velmi rozšířený spolehlivý systém uložení. Základním znakem je osa, která je uložena pomocí ložisek ve středovém složení. Osa má na obou koncích drážkování pro spojení s klikami. Stejné drážkování se nachází také v klikách. Kliky se na osu pevně přitáhnou pomocí šroubů, čím vznikne pevný, téměř nalisovaný spoj. Nevýhodou tohoto systému je potřeba speciálního stahováku pro demontáž klik z osy.



Obrázek 3.3 Kliky a středové složení systému ISIS [12]

### 3.2.3 Čtyřhran

Uložení klik na osu pomocí čtyřhranného tvarového spoje bylo dříve nejpoužívanějším provedením u jízdních kol všech disciplín. Dnes je velmi rozšířené u levnějších modelů jízdních kol. Stejně jako u uložení ISIS není osa součástí kliky, ale je součástí středového složení. Čtyřhran nemá tak vysokou pevnost a tuhost jako předchozí dvě technologie, proto není vhodné pro jízdní kola ke sportovním účelům, ale spíše pro rekreační cyklistiku, kola městská atd. Středové složení s osou pro kliky uložené na čtyřhranu je vyobrazeno na obrázku 3.4.



Obrázek 3.4 Středové složení pro uložení klik na čtyřhranu [12]

### 3.2.4 Octalink

Tímto názvem se označuje další systém uložení společnosti Shimano. Jedná se opět o tvarový spoj podobný rovnobokému drážkování, přičemž osa je součástí středového složení, viz obrázek 3.5. Tento systém je méně obvyklý, ale je nutné brát jej v potaz.



Obrázek 3.5 Středové složení pro uložení klik systémem Octalink [12]

### 3.3 Uložení středového složení v rámu kola

Uložení středového složení je dnes již standardizováno do několika základních typů, které se od sebe navzájem liší rozměrem závitu a šířkou středového složení, viz tabulka 1.

Tabulka 1 - Standardizované rozměry pro uložení středových složení [5]

Standard	Rozměr	Šířka [mm]
BSA (Velká Británie)	1,370" x 24 tpi	68
	1,375" x 24 tpi	73
ISO	1,375" x 24 tpi	68
		73
		90
ISIS Overdrive	M48 x 1,5 mm	68
		100
Italian	M36mm x 24 tpi	70
Raleigh	1,3/8" x 26 tpi	71
		76
ISO Press Fit	Ø46	68
		73

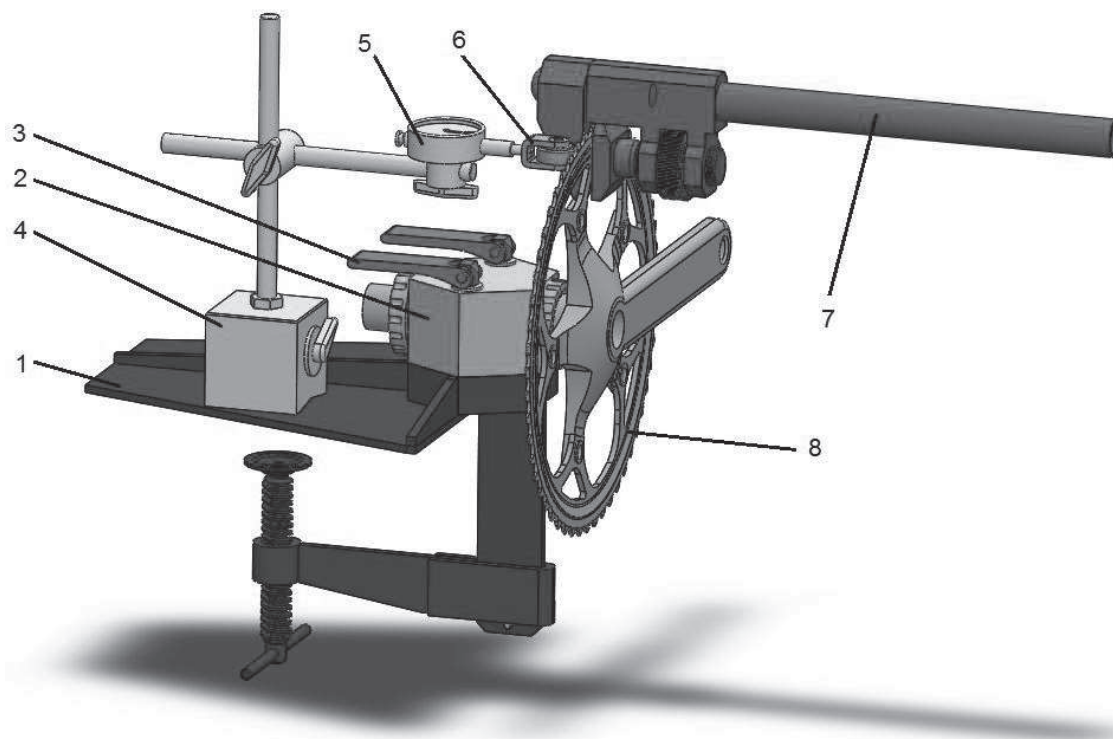
Nejrozšířenějším uložením je standard ISO, který používá unifikovaný jemný palcový závit převzatý z amerických norem ASME. [5] Šířka středového složení může nabývat rozměrů 68, 73, nebo 90mm. Závit na levé misce má stoupání pravé a závit na pravé misce má stoupání závitů levé. Toto řešení nám zaručuje, že se misky během šlapání samovolně nepovolují. Novým rychle se rozšiřujícím uložením je tzv. press fit. Press fit označuje misky, které nejsou uloženy v závitě, ale jsou nalisovány do rámu kola, takovéto středové složení je vyobrazeno na obrázku 3.6.



Obrázek 3.6 Středové složení press fit [12]

## 4. Konstrukční řešení rovnacího zařízení

Na obrázku 4.1 je zobrazeno řešení zařízení pro rovnání cyklistických převodníků, rovnací převodník a nástroj, kterým bude rovnání mechanicky prováděno.



Obrázek 4.1 Zařízení pro rovnání cyklistických převodníků 1)základna pro uchycení k desce pracovního stolu 2)vyměnitelná kostka se středovým složením 3)excentrický upínák pro upnutí kostky 4)stožan pro číselníkový indikátor 5)číselníkový indikátor 6)speciální dotyk indikátoru 7)rovnací nástroj 8)rovnací převodník s klikou

### 4.1 Popis funkce zařízení

Princip navrhovaného zařízení je založen na rovnání převodníků i s klikou na, kterou je převodník uchycen. Celé zařízení je upnuto k desce dílenského stolu a je navrženo tak, aby bylo možné jej použít pro jakýkoli typ jízdního kola. Vzhledem k tomu je nutné kliku i s poškozeným převodníkem demontovat z jízdního kola a uchytit jej do rovnacího zařízení. K uchycení slouží vyměnitelné kostky s různými druhy středových složení. Rovnací zařízení je vybaveno měřícím mechanismem a součástí je i rovnací nástroj, který je nastavitelný tak, aby se dal přizpůsobit na všechny druhy převodníků.

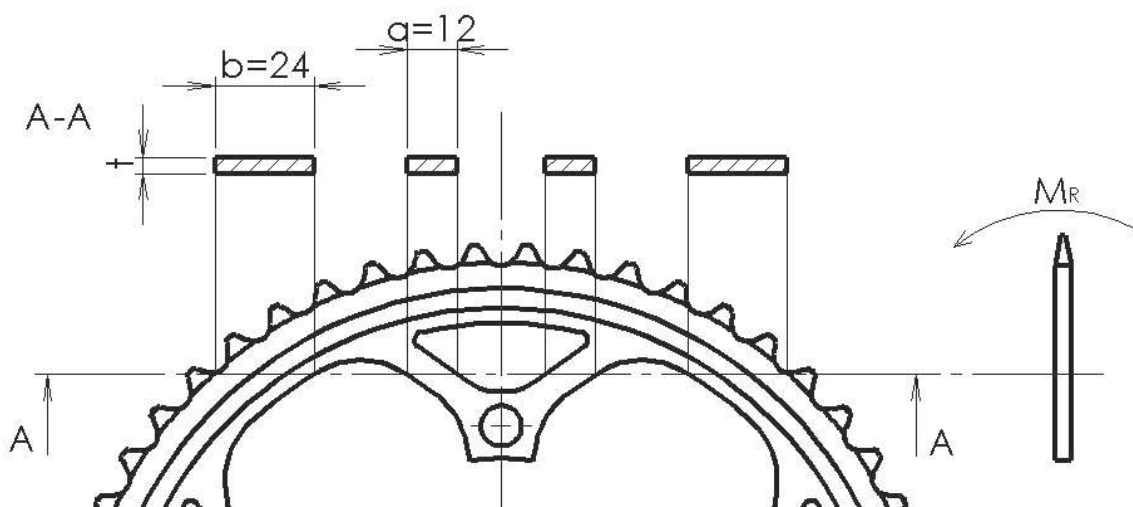


## 4.2 Výpočet síly potřebné při rovnání převodníku

Sílu, která je za potřebí při rovnání převodníku, vypočteme z ohybového momentu. Potřebný ohybový moment pro rovnání je stejný jako moment, při kterém dochází k deformaci převodníku.

### 4.2.1 Výpočet rovnacího momentu

Výpočet síly je proveden pro ocelový převodník i pro převodník ze slitiny hliníku a výsledky jsou porovnány.



Obrázek 4.2 Zobrazení řezu převodníkem a jeho rozměrů

Obecná rovnice pro výpočet ohybového momentu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{Do} \rightarrow M_R = \sigma_{Do} \cdot \Sigma W_{op} \quad (4.1)$$

Rozměry převodníku z CAD modelu, viz obrázek 4.2

$$a = 12\text{mm}$$

$$b = 24\text{mm}$$

$$t_o = 3\text{mm}$$

$$t_{al} = 4\text{mm}$$

Materiály převodníků jsou zjištěny z údajů prodejce. Materiál EN AW 7075 pro převodníky ze slitin hliníku a pro ocelový převodník je to ocel 12 014. [20]

$$\sigma_{Doo} = 150\text{MPa} [4]$$

$$\sigma_{Doal} = 100\text{MPa} [4]$$

Ohybový moment ocelového převodníku

$$M_{Ro} = \sigma_{Doo} \cdot \Sigma W_{op} = \sigma_{Doo} \cdot \frac{t_o^2 \cdot 2(a+b)}{6} = 150 \cdot \frac{3^2 \cdot 2(12+24)}{6} = 16200\text{Nmm} \quad (4.2)$$

Ohybový moment pro převodník ze slitiny hliníku

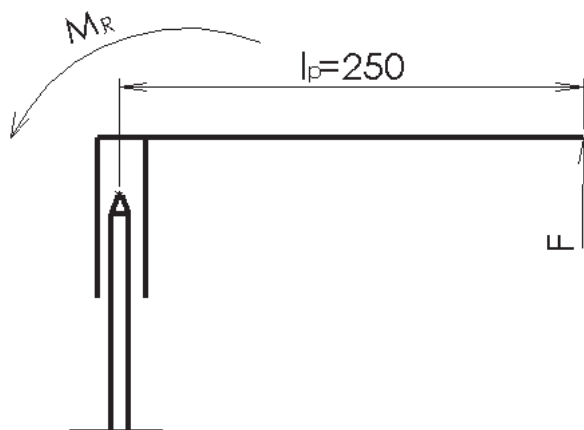
$$M_{Ral} = \sigma_{D_{oal}} \cdot \Sigma W_{op} = \sigma_{D_{oal}} \cdot \frac{t_{al}^2 \cdot 2(a+b)}{6} = 100 \cdot \frac{4^2 \cdot 2(12+24)}{6} = 19200 Nmm \quad (4.3)$$

Pro následující výpočty použiji vyšší z předešlých rovnic momentů, který dále zvýším o 100%. Toto zvýšení provádím z důvodu výpočtu ohybového momentu pouze pro jeden nejobvyklejší typ převodníku.

Rovnací moment

$$M_R = 2M_{Ral} = 2 \cdot 19200 \cong 40000 Nmm = 40 Nm \quad (4.4)$$

#### 4.2.2 Výpočet síly působící na páku



Obrázek 4.3 Náčrt síly vytvářející rovnací moment

Délka páky odměřena z CAD modelu  $l_p = 250 \text{ mm}$

Síla na paže působící na páku

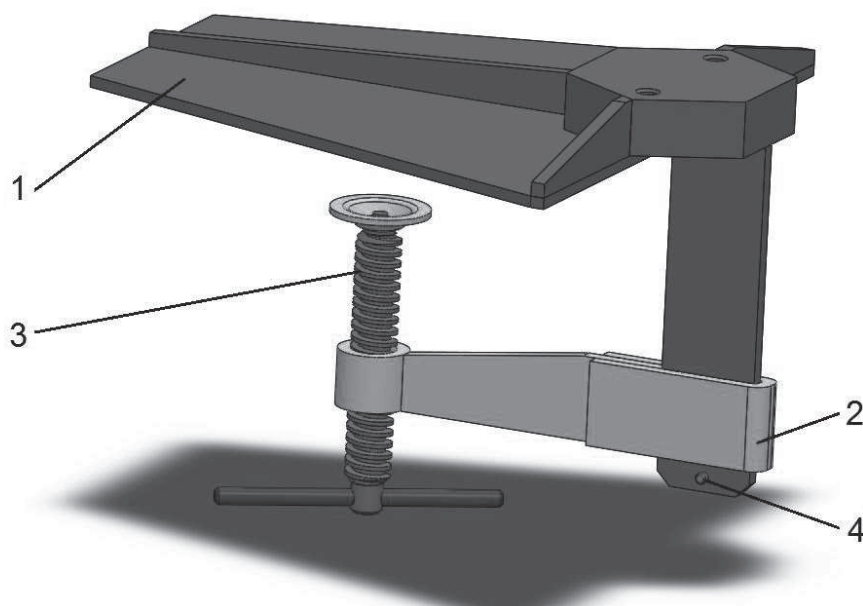
$$F = \frac{M_{Ral}}{l_p} = \frac{40000}{250} = 160 N \quad (4.5)$$

Síla lidské paže je odhadována na 200÷300N [2], výsledná síla  $F = 160 \text{ N}$  je tedy vyhovující.



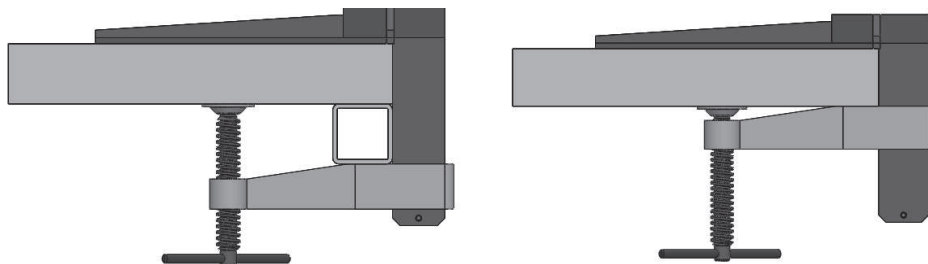
## 5. Základna zařízení

Základna slouží pro pevné uchycení všech součástí zařízení k pracovní desce stolu (obrázek 5.1). Upnutí k pracovní desce je realizováno pomocí posuvného ramene a šroubového upínáku podobně, jako je tomu u dílenských svorek. Tento systém posuvného ramene jsem zvolil, protože okraje desky pracovních stolů mohou mít různý tvar, např. pro desku stolu s osazením kolem okraje, případně kdyby okrajem pracovní desky vedla konstrukce stolu, viz obrázek 5.2.



Obrázek 5.1 Model základny 1)svařenec těla 2)rameno 3) pohybový šroub 4)pojistný kolík

Podstavu základy tvoří stabilní deska, která se opírá o pracovní desku stolu. K desce jsou pomocí svarů připevněny tři podpůrná žebra a šestihranná podstava pro výměnné kostky. V podstavě jsou dva otvory se závitem M8 pro upínáky. Ke spodní ploše podstavy je přivařena noha svorky, po které se posouvá rameno svorky. Rameno svorky má na svém konci matici a je pojištěno proti sklouznutí kolíkem v noze svorky. Upínací sílu vyvíjí pohybový šroub uložený v matici.



Obrázek 5.2 Příklad upnutí základny k pracovní desce

## 5.1 Návrh materiálů pro části

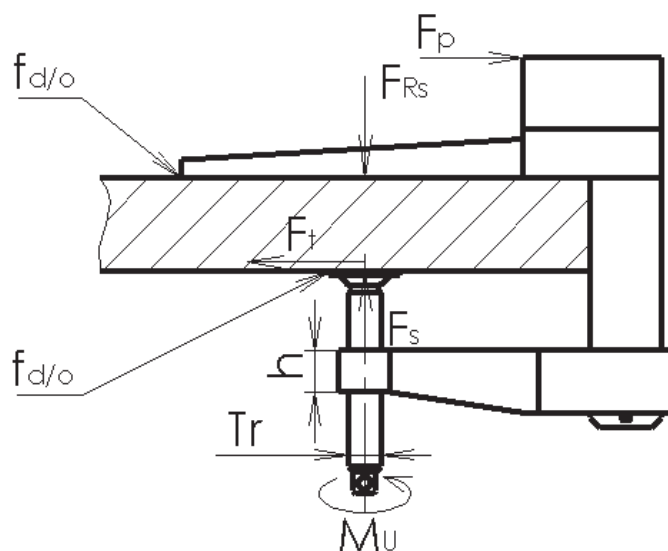
Tělo základny a rameno svorky jsou svařence z materiálu 11 353. Pohybový šroub je soustružen z materiálu 11 500.

## 5.2 Návrh šroubového upnutí

Upnutí základny k desce stolu je realizováno pomocí lichoběžníkového šroubu.

### 5.2.1 Výpočet upínací síly

Z obrázku 5.3 vyplývá, že na základnu působí pouze síla kolmá na desku stolu  $F_p$ . V praxi může dojít k tomu, že bude rovnání probíhat i jiným způsobem, než je tomu v popisu. Z tohoto důvodu budeme předpokládat sílu lidské paže v rovině rovnoběžné s deskou stolu  $F_p$ . Síla lidské paže  $F_p$  je odhadována na 200÷300N [2]. Z tohoto důvodu je nutné, aby třecí síla na desce stolu byla vyšší. Volím tedy potřebnou třecí sílu  $F_t = 400\text{N} > F_p = 300\text{N}$  hmotnost rovnací stolice ve výpočtu zanedbávám.



Obrázek 5.3 Náčrt sil a rozměrů pro výpočty 5.1.1 a 5.1.2

Tření mezi ocelí a dřevěnou deskou stolu  $f_{d/o} = 0,35$

Upínací síla

$$F_s = F_{Rs} \quad (5.1)$$

$$F_t = F_s \cdot f_{do} + F_{Rs} \cdot f_{do} = 2F_s \cdot f_{do} \rightarrow F_s = \frac{F_t}{2f_{do}} = \frac{400}{2 \cdot 0,35} = 571\text{N} \quad (5.2)$$

### 5.2.2 Návrh rozměrů lichoběžníkového šroubu

mez kluzu pro materiál 11 500 je  $Re_{11500} = 300\text{MPa}$  [4]

koeficient vlivu krutu  $\beta = 1,3$  [2]

bezpečnost pohybového šroubu  $k_s = 3$  [2]

Návrhový výpočet malého průměru lichoběžníkového šroubu

$$d_3' = 2 \sqrt{\frac{\beta \cdot k_s \cdot F_s}{\pi \cdot Re_{11500}}} = 2 \sqrt{\frac{1,3 \cdot 3 \cdot 571}{\pi \cdot 300}} = 3,07\text{mm} \quad (5.3)$$

Z důvodu použití vyššího stoupání závitu pro rychlejší upnutí volím pohybový šroub Tr16x4 ( $d_3 = 11,5\text{mm}$ ) [1]

### 5.2.3 Kontrola samosvornosti

součinitel tření mezi ocelovou maticí a ocelovým závitem  $f_z = 0,2$  [4]

rozměry závitu Tr16x4 dle strojnických tabulek [1]

stoupání závitu  $p_{h16} = 4\text{mm}$

jmenovitý průměr závitu  $d_{16} = 16\text{mm}$

střední průměr závitu  $d_{2\ 16} = 14\text{mm}$

malý průměr závitu  $d_3 = 11,5\text{mm}$

úhel závitu lichoběžníkového šroubu  $\alpha_{tr} = 30^\circ$

Úhel stoupání

$$\psi_s = \arctg \frac{p_{h16}}{\pi \cdot d_{2\ 16}} = \arctg \frac{4}{\pi \cdot 14} = 5,2^\circ \quad (5.4)$$

Třecí úhel

$$\varphi'_s = \arctg \frac{f_z}{\cos \frac{\alpha_{tr}}{2}} = \arctg \frac{0,2}{\cos \frac{30}{2}} = 11,7^\circ \quad (5.5)$$

$$\varphi'_s = 11,7^\circ > \psi_s = 5,2^\circ \quad (5.6)$$

Podmínka samosvornosti je splněna.

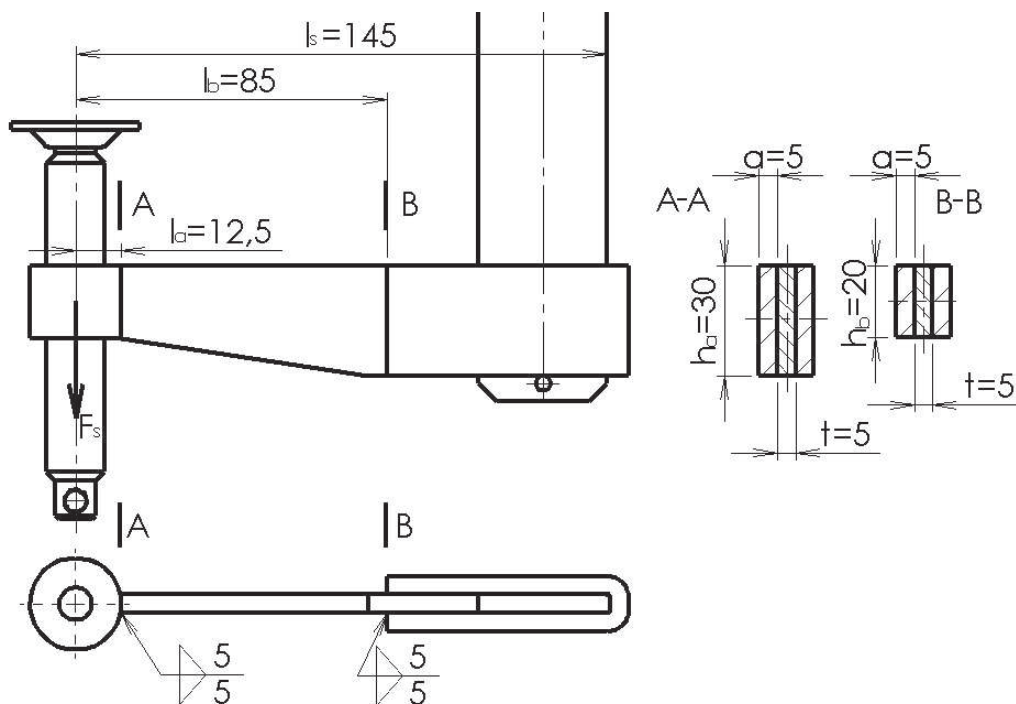
### 5.2.4 Utahovací moment

$$M_U = F_s \cdot tg(\psi_s + \varphi'_s) \cdot \frac{d_{2\ 16}}{2} = 571 \cdot tg(5,2 + 11,7) \cdot \frac{14}{2} = 1210\text{Nmm} = 1,21\text{Nm} \quad (5.7)$$

Pro utažení základny k desce stolu je nutno vyvinout utahovací moment 1,21Nm

### 5.3 Kontrola ramene svorky

Svorku kontroluji na ohyb v jednotlivých průřezích. Dále kontroluji svary svorky.



Obrázek 5.4 Rozměry svorky pro pevnostní kontrolu

Převodní součinitele koutových svarů svařovaných v ochranné atmosféře  $k_3$ ,  $k_4$  ze strojnických tabulek. [2]

$$k_3 = 0,9$$

$$k_4 = 0,8$$

Bezpečnost svaru  $k_{sv} = 1,5$  [2]

Mez kluzu materiálu 11 353 je  $Re_{11\,353} = 230\text{MPa}$  [4]

Součinitel tloušťky koutového svaru [2]

Dovolené napětí v ohybu  $\sigma_{D011353} = 100\text{MPa}$  [4]

Součinitel tloušťky koutového svaru

$$\beta_s = 1,3 - 0,03t_s = 1,3 - 0,03 \cdot 5 = 1,15 \quad (5.8)$$

#### 5.3.1 Kontrola svaru v místě A-A

Smykové napětí svaru v místě A-A

$$\tau_{//A} = \frac{F_s}{2 \cdot a_s \cdot (h_a - 2a_s)} = \frac{571}{2 \cdot 5 \cdot (20 - 2 \cdot 5)} = 5,7\text{MPa} \quad (5.9)$$

Ohybové napětí svaru v místě A-A

$$\tau_{\perp A} = \frac{M_{oFs}}{W_{oAs}} = \frac{F_s \cdot l_a}{2 \cdot \frac{a \cdot (h_a - 2a)^2}{6}} = \frac{571 \cdot 12,5}{2 \cdot \frac{5 \cdot (20 - 2 \cdot 5)^2}{6}} = 42,8 \text{ MPa} \quad (5.10)$$

Redukované napětí svaru v místě A-A

$$\sigma_{redA} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp A}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{//A}}{k_4}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{42,8}{0,9}\right)^2 + \left(\frac{5,7}{0,8}\right)^2} = 48,1 \text{ MPa} \quad (5.11)$$

Bezpečnost svaru v místě A-A

$$k_{sA} = \frac{\beta_s \cdot Re}{\sigma_{redA}} = \frac{1,15 \cdot 230}{48,1} = 5,5 < k_{sv} = 1,5 \quad (5.12)$$

Svar vyhovuje.

### 5.3.2 Kontrola ramene v místě A-A

Ohybové napětí ramene v místě A-A

$$\sigma_{oA} = \frac{M_{oFs}}{W_{oA}} = \frac{F_s \cdot l_a}{\frac{t_s \cdot h_a^2}{6}} = \frac{571 \cdot 12,5}{\frac{5 \cdot 20^2}{6}} = 21,4 \text{ MPa} < \sigma_{Do11353} = 100 \text{ MPa} \quad (5.13)$$

Rameno v místě A vyhovuje.

### 5.3.3 Kontrola svaru v místě B-B

Smykové napětí svaru v místě B-B

$$\tau_{//B} = \frac{F_s}{2 \cdot a_s \cdot (h_b - 2a_s)} = \frac{571}{2 \cdot 5 \cdot (30 - 2 \cdot 5)} = 2,9 \text{ MPa} \quad (5.14)$$

Ohybové napětí svaru v místě B-B

$$\tau_{\perp B} = \frac{M_{oFs}}{W_{oBs}} = \frac{F_s \cdot l_b}{2 \cdot \frac{a_s \cdot (h_b - 2a_s)^2}{6}} = \frac{571 \cdot 85}{2 \cdot \frac{5 \cdot (30 - 2 \cdot 5)^2}{6}} = 72,8 \text{ MPa} \quad (5.15)$$

Redukované napětí svaru v místě B-B

$$\sigma_{redB} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp B}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{//B}}{k_4}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{72,8}{0,9}\right)^2 + \left(\frac{2,9}{0,8}\right)^2} = 80,9 \text{ MPa} \quad (5.16)$$

Výsledná bezpečnost svaru v místě B-B

$$k_{SB} = \frac{\beta_s \cdot Re_{11353}}{\sigma_{redB}} = \frac{1,15 \cdot 230}{80,9} = 3,3 < k_{sv} = 1,5 \quad (5.17)$$

Svar vyhovuje.

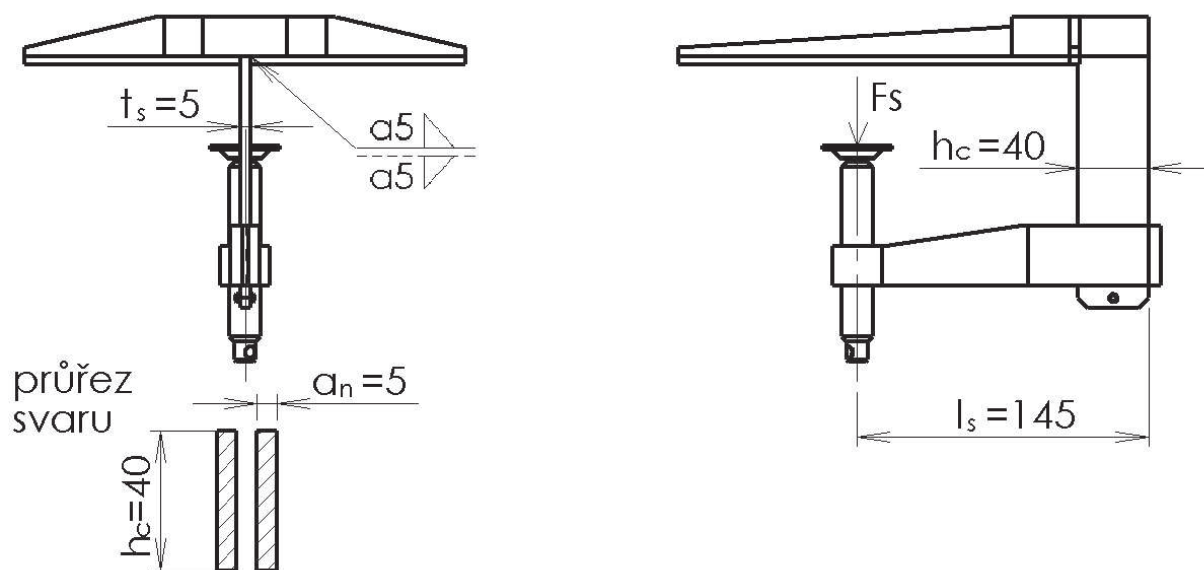
#### 5.3.4 Kontrola ramene v místě B-B

Ohybové napětí ramene v místě B-B

$$\sigma_{OB} = \frac{F_s \cdot l_b}{\frac{t_s \cdot h_b^2}{6}} = \frac{571 \cdot 85}{\frac{5 \cdot 30^2}{6}} = 64,7 MPa < \sigma_{Do11353} = 100 MPa \quad (5.18)$$

Rameno v místě B vyhovuje.

#### 5.4 Kontrola nohy svorky



Obrázek 5.5 Výpočtové rozměry pro kontrolu nohy základny

##### 5.4.1 Kontrola svaru nohy

Tahové napětí ve svaru nohy

$$\sigma_{\perp n} = \frac{F_s}{2 \cdot a_n \cdot (h_c - 2a_n)} = \frac{571}{2 \cdot 5 \cdot (40 - 2 \cdot 5)} = 1,9 MPa \quad (5.19)$$

Ohybové napětí ve svaru nohy

$$\tau_{\perp n} = \frac{M_{oAs}}{W_{on}} = \frac{F_s \cdot l_s}{2 \cdot \frac{a \cdot (h_c - 2a)^2}{6}} = \frac{571 \cdot 145}{2 \cdot \frac{5 \cdot (40 - 2 \cdot 5)^2}{6}} = 55,2 MPa \quad (5.20)$$

Redukované napětí ve svaru nohy

$$\sigma_{redn} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp A}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{//A}}{k_4}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{55,2}{0,9}\right)^2 + \left(\frac{1,9}{0,8}\right)^2} = 61,4 MPa \quad (5.21)$$

Bezpečnost svaru nohy

$$k_{sA} = \frac{\beta_s \cdot Re_{11353}}{\sigma_{redA}} = \frac{1,15 \cdot 230}{61,4} = 4,3 < k_{sv} = 1,5 \quad (5.22)$$

Svar vyhovuje.

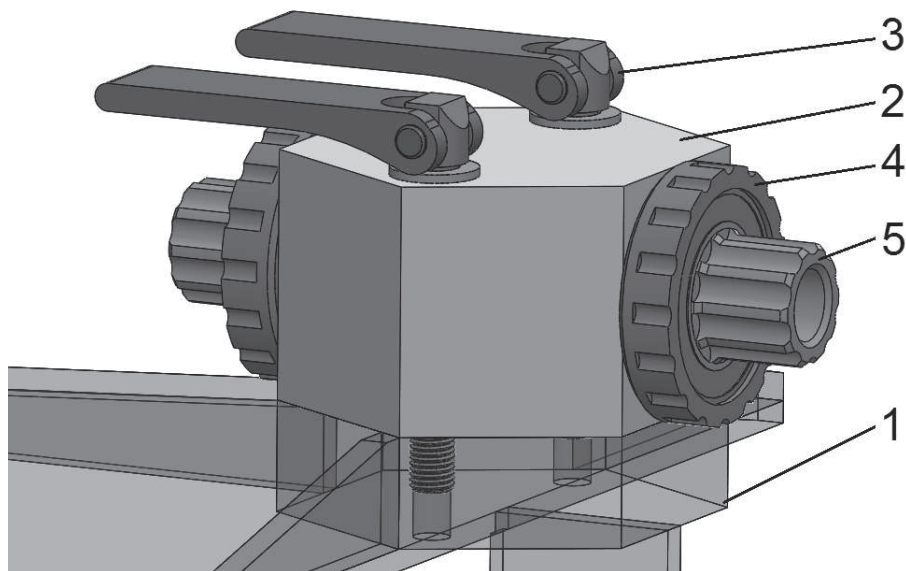
#### 5.4.2 Kontrola nohy

Ohybové napětí v noze

$$\sigma_{on} = \frac{F_s \cdot l_s}{\frac{t_s \cdot h_c^2}{6}} = \frac{571 \cdot 145}{\frac{5 \cdot 40^2}{6}} = 62,1 MPa < \sigma_{Do11353} = 100 MPa \quad (5.23)$$

Napětí vyhovuje.

## 6. Vyměnitelná kostka



Obrázek 6.1 Vyměnitelná kostka 1)základna 2)tělo kostky 3)excentrický upínák 4)miska středového složení 5)osa středového složení

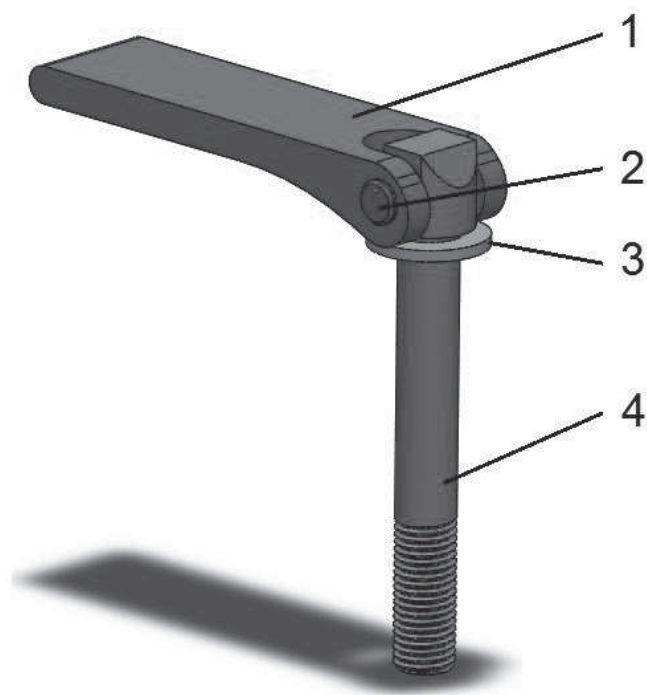
Vyměnitelná kostka (obrázek 6.1) dělá zařízení použitelným pro jakýkoli druh uchycení kliky s převodníkem. Zařízení je vybaveno sadou vyměnitelných kostek se čtyřmi druhy nejpoužívanějších středových složení, tyto středová složení jsou popsány v kapitole 3. Kostky se dají jednoduše a rychle vyměnit. Jednoduchou výměnu kostek zajišťují dva excentrické napínáky, které po utažení tvoří pevný a spolehlivý spoj kostky se základnou zařízení.

### 6.1 Návrh kostky

Kostka je vyrobena ze slitiny hliníku EN AW 2024. Použití slitiny hliníku je vhodné pro její nízkou hmotnost a dostačující odolnost. V kostce je uloženo středové složení obdobně jako je tomu u jízdního kola podle světového standardu ISO, tedy pomocí jemného palcového závitu 1,370" x 24tpi. [5] Dále jsou v kostce dva průchozí otvory o průměru 9mm pro šrouby upínáku.

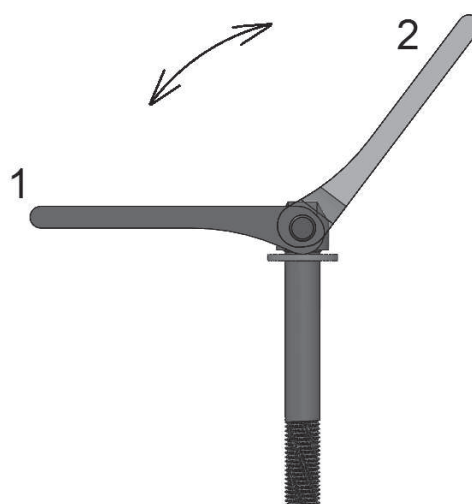


## 6.2 Upínání kostky



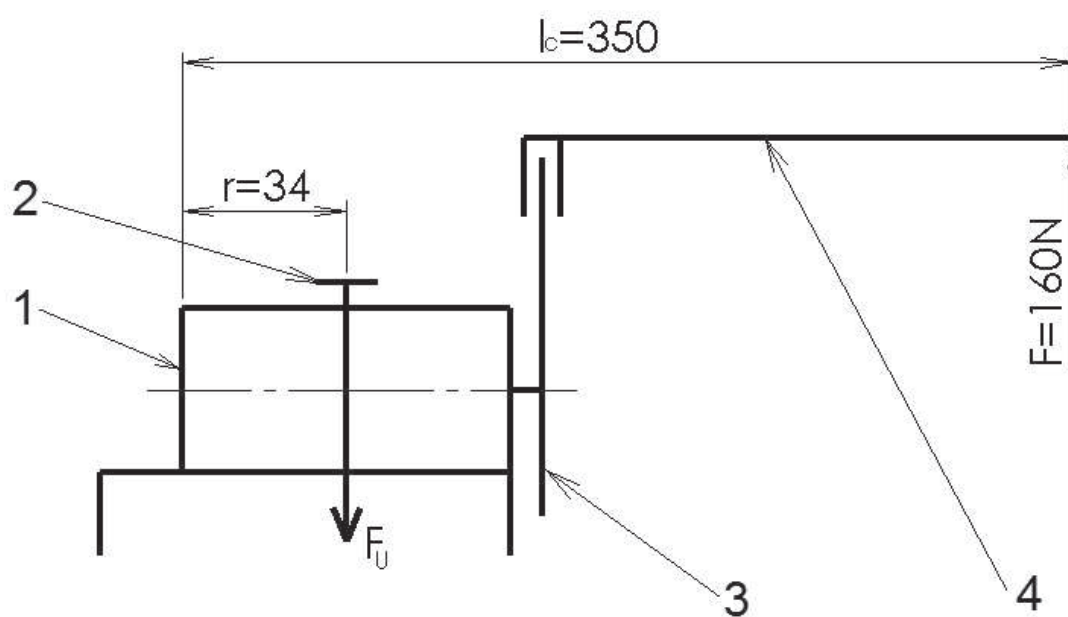
Obrázek 6.2 Upínák 1)páka upínáku 2)čep 3)podložka 4)šroub

Pro upínání kostky jsem z důvodu jednoduché obsluhy bez nutnosti použití dalších nástrojů zvolil excentrický upínák. Upínání je znázorněno v obrázku 6.3. Excentrický upínák se skládá ze šroubu, ke kterému je pomocí čepu připevněna páka upínáku s excentricky vyvrtaným otvorem. V následujících výpočtech provedu návrh a kontrolu jednotlivých částí upínáku.



Obrázek 6.3 Polohy ramene upínáku 1)upnuto 2)povoleno

### 6.2.1 Výpočet upínací síly

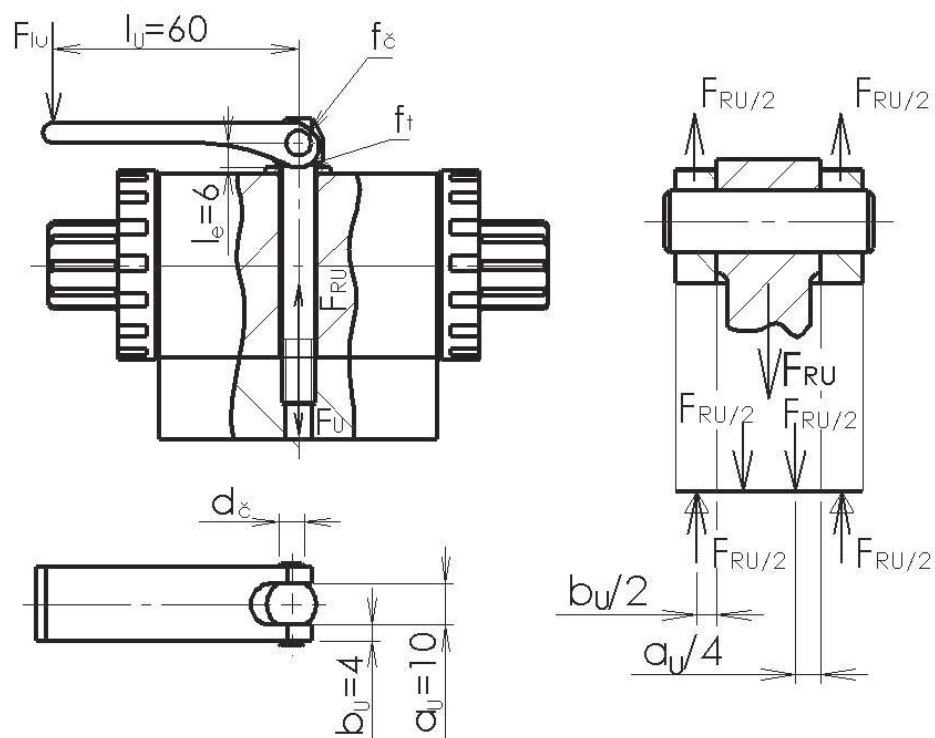


Obrázek 6.4 Náčrt sil a rozměrů pro výpočet upínací síly 1)kostka 2)upínák 3)převodník 4)rovnací nástroj

Výpočet upínací síly

$$F_U = \frac{F \cdot l_c}{r} = \frac{160 \cdot 350}{34} = 1647\text{ N} \quad (6.1)$$

### 6.2.2 Výpočet síly potřebné k utažení upínáku



Obrázek 6.5 Náčrt sil a rozměrů pro výpočet utahovací síly a návrh čepu

Pro výpočet utahovacího momentu upínáku použijí součet třecího momentu a momentu ztrátového v čepu  $M_{t\check{c}}$ . Třecí moment vypočítám pomocí upínací síly vynásobené součinitelem tření mezi podložkou a excentrem. Tuto třecí sílu dále vynásobím ramenem excentru, viz vzorec 6.2. Vzhledem k použití dvou upínáků se upínací síla rozdělí na poloviny.

Součinitel tření mezi upínákem a podložkou  $f_t = 0,15$  [4]

Součinitel tření v čepu  $f_{\check{c}} = 0,2$  [4]

Utahovací moment na upínáku

$$\begin{aligned} M_{RU} &= M_{tu} + M_{t\check{c}} = \frac{F_U}{2} \cdot f_t \cdot l_e + \frac{F_U}{2} \cdot \frac{d_{\check{c}}}{2} \cdot f_{\check{c}} = \\ &= \frac{1647}{2} \cdot 0,15 \cdot 6 + \frac{1647}{2} \cdot \frac{6}{2} \cdot 0,2 = 1235 \text{ Nmm} \end{aligned} \quad (6.2)$$

Výpočet síly potřebné k upnutí kostky

$$F_{IU} = \frac{M_{RU}}{l_u} = \frac{1235}{60} = 21 \text{ N} \quad (6.3)$$

### 6.2.3 Návrh a kontrola čepu upínáku

Materiálem čepu upínáku volím ocel 11 500.

Dovolené ohybové napětí dle strojnických tabulek  $\sigma_{Do11500} = 120\text{MPa}$  [4]

Dovolené otláčení čepu z materiálu 11 500 dle strojnických tabulek  $p_{d\check{c}} = 30\text{MPa}$  [4]

Dovolené napětí čepu ve smyku  $\tau_{Ds\check{c}} = 70\text{MPa}$  [2]

Návrh čepu upínáku z dovoleného napětí ohybu pomocí vzorce ze skript [2]

$$d_{\check{c}}' = \sqrt[3]{\frac{2F_U \cdot (2b + a)}{\pi \cdot \sigma_{Do11500}}} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 1647 \cdot (2 \cdot 4 + 10)}{\pi \cdot 120}} = 5,73\text{mm} \quad (6.4)$$

Volím průměr čepu  $d_{\check{c}} = 6\text{mm}$

Kontrola čepu na smyk

$$\tau_{s\check{c}} = \frac{\frac{F_{RU}}{2}}{\frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^2}{4}} = \frac{\frac{1647}{4}}{\frac{\pi \cdot 6^2}{4}} = 14,6\text{MPa} < \tau_{Ds\check{c}} = 70\text{MPa} \quad (6.5)$$

Kontrola čepu na otláčení

$$p_{\check{c}} = \frac{\frac{F_{RU}}{2}}{2 \cdot b \cdot d} = \frac{\frac{1647}{2}}{2 \cdot 4 \cdot 6} = 17,2\text{MPa} < p_D = 30\text{MPa} \quad (6.6)$$

## 7. Měření nerovnosti převodníku

Je nutné, aby měření v rovnacím zařízení probíhalo po celém obvodu převodníku. To nám umožňuje uložení klik s převodníkem ve středovém složení, kdy je možné s převodníkem otáčet.

### 7.1 Číselníkový indikátor

Měření nerovností převodníku je realizováno pomocí číselníkového indikátoru, ten je zobrazen na obrázku 7.1. Číselníkový indikátor je pro tuhle aplikaci vhodný z důvodu jednoduché obsluhy a přesného měření. Indikátor je od výrobce SOMET CZ s.r.o. Číselníkový indikátor 40/5x0,01mm má zdvih 5mm a dělení 0,01mm. [18] Měřicí zdvih indikátoru 5mm je pro měření převodníku dostačující, protože větší deformace než 5mm je dobře viditelná lidským okem a bude částečně vyrovnána před samotným měřením.



Obrázek 7.1 Číselníkový indikátor 40/5x0,01mm [18]

### 7.2 Uchycení indikátoru

Uchycení indikátoru je v magnetickém sloupovém stojanu (obrázek 7.2), který je připevněn k ocelové ploše základny. Magnetický stojan umožňuje nastavení polohy indikátoru ve všech směrech a tím přizpůsobení jakékoli velikosti převodníku. Stojan je stejně jako indikátor od výrobce SOMET CZ s.r.o.



Obrázek 7.2 Magnetický sloupový stojan [19]

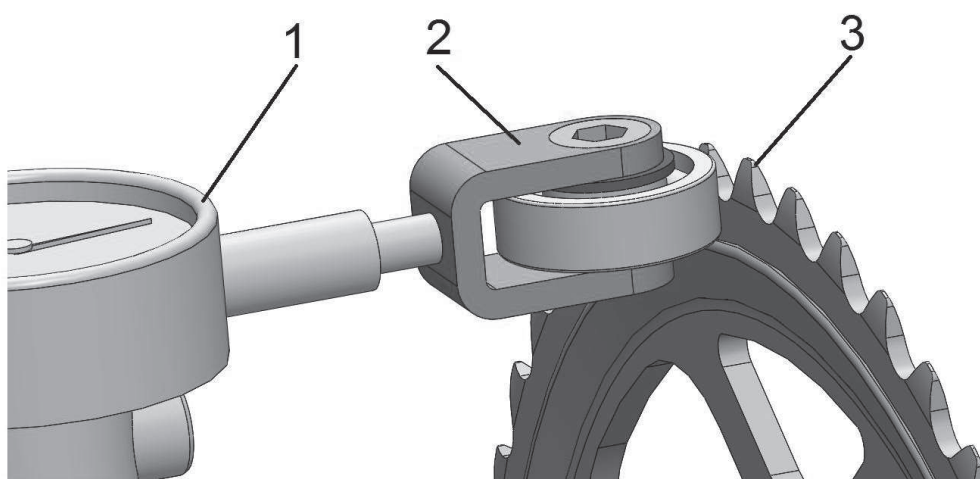
### 7.3 Speciální dotyk indikátoru

Většina cyklistických převodníků je určena pro řazení více převodů, jak je popsáno v kapitole 1.1. Tyto převodníky mají často složitý tvar a součástí plochy, na které bude probíhat měření, jsou i vyhazovací čepy, které nám pomáhají řazení mezi jednotlivými převodníky, viz obrázek 7.3. Pokud by číselníkový indikátor měl obyčejný dotyk, který klouže po ploše, docházelo by k jeho zasekávání o tyto čepy. Toto zasekávání by znemožňovalo měření po celém obvodu převodníku a mohlo by dojít k poškození indikátoru.



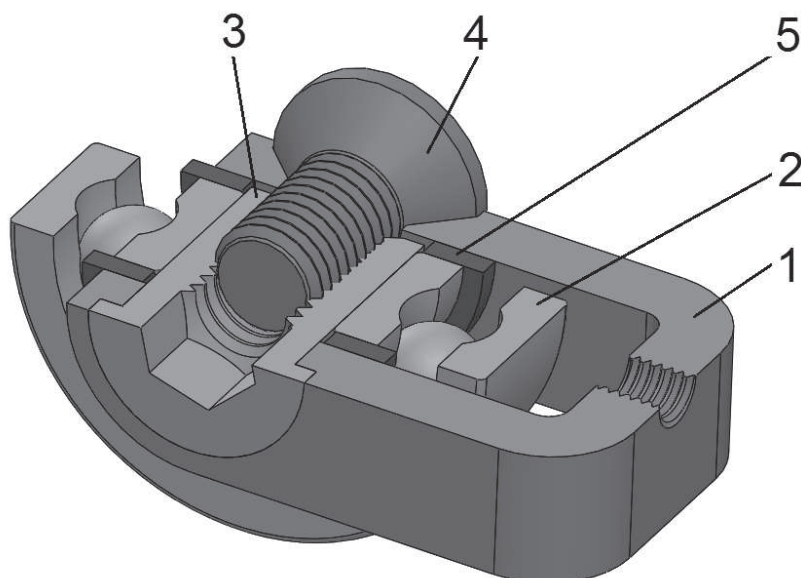
Obrázek 7.3 vlevo: měřený průměr na převodníku (červeně), vpravo: zobrazení vyhazovacího čepu [10], [11]

Vzhledem k těmto skutečnostem je nutné sestavit speciální dotyk indikátoru, který se po měřené ploše odvaluje pomocí kuličkového ložiska. Indikátor má možnost vyměnění dotyku, k tomuto slouží závit M3 na konci indikátoru, do kterého je uchycen speciální dotyk. Ložisko nám zaručuje hladký přejezd nerovností a nemá vliv na přesnost měření. Odchyšky na indikátoru při přejezdu čepů jsou jasně zřetelné, protože se jedná o prudkou změnu měřené hodnoty, na rozdíl od ohnutí převodníku, kdy je změna odchyšky plynulá. Na obrázku 7.4 je znázorněno měření nerovnosti převodníku.



Obrázek 7.4 Znázornění měření nerovností pomocí speciálního dotyku indikátoru

#### 7.4 Návrh dotyku



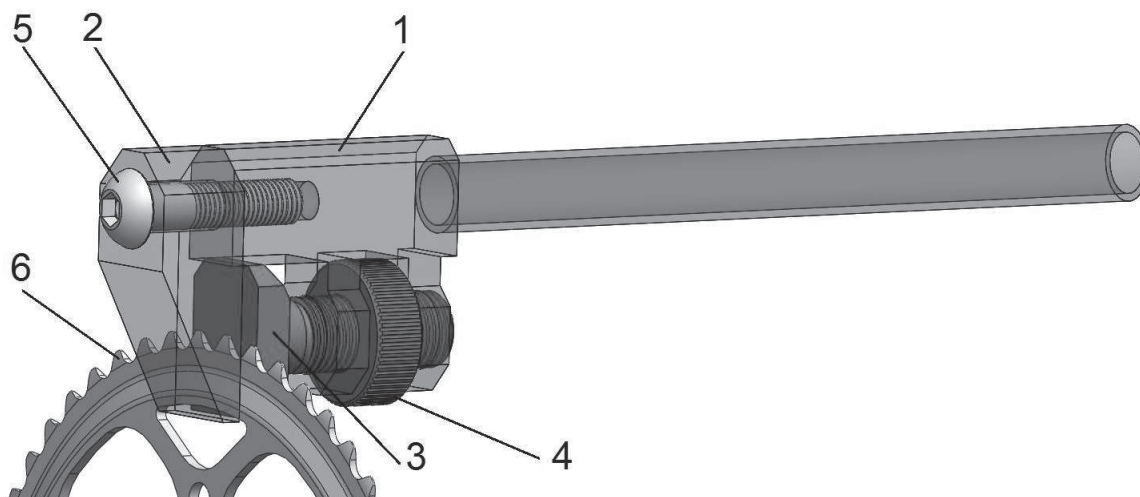
Obrázek 7.5 části speciálního dotyku 1)tělo 2)ložisko 3)ložiskový čep 4)šroub 5)podložka

Dotyk se skládá z těla vytvořeného z plechu o tloušťce 3mm. V těle je závit pro připevnění k indikátoru. Hlavní částí dotyku je kuličkové ložisko 608, které je uloženo na ložiskovém čepu o průměru 8mm a je po stranách omezeno podložkami. Ložiskový čep je pojištěn šroubem M5.



## 8. Rovnací nástroj

Nezbytnou součástí rovnacího zařízení je také nástroj, kterým se provádí rovnání převodníku. Rovnací nástroj je zobrazen na obrázku 8.1.



Obrázek 8.1 Rovnací nástroj 1)tělo nástroje 2)pevná čelist 3)posuvná čelist 4)kolečko pro posuv čelisti 5)šroub 6)rovnaný převodník

Rovnací nástroj je stavitelný v rozmezí 0 – 20mm, aby docházelo k těsnému kontaktu se všemi druhy převodníků. Stavitelnost je realizována šroubovým spojem Tr20x2. Posuv čelisti v těle nástroje probíhá pomocí otáčení matice.

### 8.1 Návrh rovnacího nástroje

Rovnací nástroj se skládá z pěti součástí popsanych na obrázku 8.1. Tělo nástroje se skládá z frézovaného dílu a páky spojené svarem. Z důvodu smontovatelnosti je pevná čelist nástroje spojena šroubem M12. Pohybový mechanismus tvoří čelist s pohybovým šroubem v matici.

### 8.2 Výpočet rovnacího nástroje

Pevnost všech namáhaných součástí nástroje je početně zkontrolována, zda vyhovuje statickému zatížení při používání nástroje.

Technical drawing of a lever arm assembly. The lever arm has a total length  $l_c = 250$  mm. A force  $F = 160$  N is applied at the end. The lever is pivoted on a base. The base has a height  $l_1 = 20$  mm. The lever is connected to a drive shaft (Převodník) via a pin joint. The pin has a diameter of Tr20x2. The distance from the pivot to the pin joint is  $h_m = 14$  mm. The force  $F_1$  is applied at the pin joint.

$$F_1 = \frac{F \cdot l_c}{l_1} = \frac{160 \cdot 250}{20} = 2000N \quad (8.1)$$
$$\sigma_{O\check{s}} = \frac{M_{oF1}}{W_{o\check{s}}} = \frac{F_1 \cdot l_1}{\frac{\pi}{32} \cdot d_{3tr}^3} = \frac{2000 \cdot 20}{\frac{\pi}{32} \cdot 17,5^3} = 67,0 MPa \leq \sigma_{Do\check{s}} = 120 MPa \quad (8.2)$$

45

Úhel stoupání

$$\psi_{tr} = \arctg \frac{p_{h\ tr}}{\pi \cdot d_{2\ tr}} = \arctg \frac{2}{\pi \cdot 19} = 1,9^\circ \quad (8.3)$$

Třecí úhel

$$\varphi'_{tr} = \arctg \frac{f_z}{\cos \frac{\alpha_{tr}}{2}} = \arctg \frac{0,2}{\cos \frac{30}{2}} = 11,7^\circ \quad (8.4)$$

Kontrola samosvornosti

$$\varphi'_{tr} = 11,7 > \psi_{tr} = 1,9 \quad (8.5)$$

Pohybový šroub je samosvorný.

### 8.2.3 Kontrola matice

Dovolené otláčení závitů matice  $P_{dov\ tr} = 20\text{MPa}$  [2]

Výška závitu

$$H_1 = \frac{d - D_1}{2} = \frac{20 - 18}{2} = 1\text{mm} \quad (8.6)$$

Počet závitů v matici

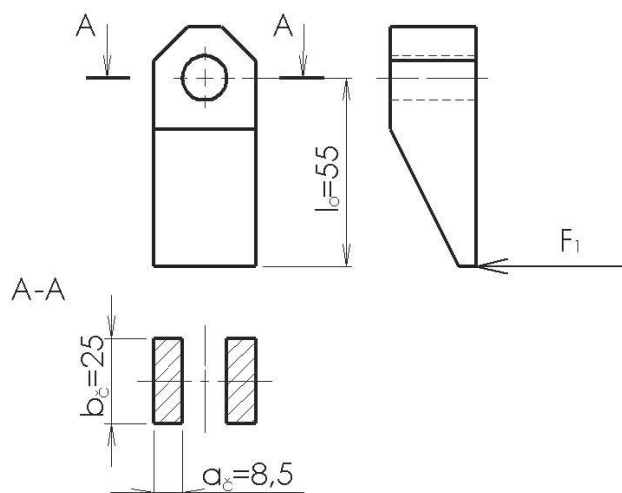
$$z_{tr} = \frac{h_m}{p_{h20}} - 1 = \frac{14}{2} - 1 = 6 \quad (8.7)$$

Kontrola otláčení závitů matice

$$p = \frac{F_1}{\pi \cdot d_{2\ tr} \cdot H_1 \cdot z_{tr}} = \frac{2000}{\pi \cdot 19 \cdot 1 \cdot 6} = 5,6\text{MPa} < p_{dov\ tr} = 20\text{MPa} \quad (8.8)$$

Otláčení vyhovuje.

### 8.2.4 Kontrola pevné čelisti na ohyb



Obrázek 8.3 náčrtek čelisti pro výpočet

Čelist je vyrobena z oceli 11 500

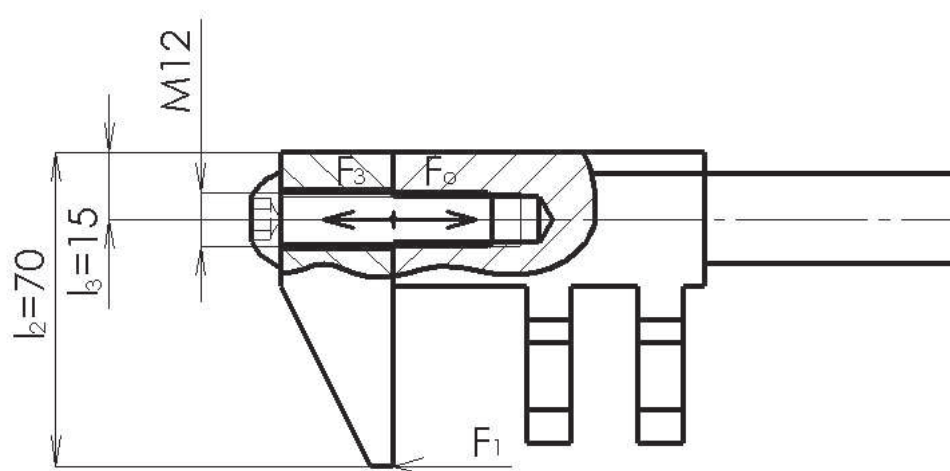
Dovolené napětí v ohybu  $\sigma_{Do\ čel.} = 120\text{MPa}$

Ohybové napětí v čelisti

$$\sigma_{o\check{c}el} = \frac{M_{oF1}}{W_{o\check{c}}} = \frac{F_1 \cdot l_0}{2 \cdot \frac{a_c \cdot b_c^2}{6}} = \frac{2000 \cdot 55}{2 \cdot \frac{8,5 \cdot 25^2}{6}} = 62,1\text{MPa} \leq \sigma_{Do\ čel.} = 120\text{MPa} \quad (8.9)$$

Čelist vyhovuje.

### 8.2.5 Kontrola šroubu nástroje



Obrázek 8.4 Náčrtek pro výpočet šroubu

Parametry šroubu ze strojnických tabulek. [1]

Materiál šroubu 8.8

Jmenovitý průměr šroubu  $d_{1M} = 12\text{mm}$

Střední průměr závitu  $d_{2M} = 11,026\text{mm}$

Malý průměr závitu  $d_{3M} = 10,106\text{mm}$

Úhel metrického závitu  $\alpha_m = 60^\circ$

Mez kluzu materiálu šroubu

$$Re_{8.8} = 8 \cdot 8 \cdot 10 = 640\text{MPa} \quad (8.10)$$

Síla působící na šroub

$$F_3 = \frac{F_1 \cdot l_2}{l_3} = \frac{2000 \cdot 70}{15} = 9333\text{N} \quad (8.11)$$

Předepínací síla

$$F_{ps} = 0,3 \div 1,5 F_3 \rightarrow F_{ps} = 0,5 \cdot F_3 = 0,5 \cdot 9333 = 4667\text{N} \quad (8.12)$$

Osová síla ve šroubu

$$F_o = F_3 + F_{ps} = 9333 + 4667 = 14000\text{N} \quad (8.13)$$

Úhel stoupání závitu

$$\psi_M = \arctg \frac{p_{hM}}{\pi \cdot d_2} = \arctg \frac{1,5}{\pi \cdot 11,026} = 2,47^\circ \quad (8.14)$$

Třecí úhel závitu

$$\varphi'_M = \arctg \frac{f_z}{\cos \frac{\alpha_m}{2}} = \arctg \frac{0,2}{\cos \frac{60}{2}} = 13,0^\circ \quad (8.15)$$

Napětí v tahu

$$\sigma_{tM12} = \frac{F_o}{S} = \frac{F_o}{\frac{\pi \cdot d_{3M}^2}{4}} = \frac{14000}{\frac{\pi \cdot 10,16^2}{4}} = 173,3\text{MPa} \quad (8.16)$$

Napětí v krutu

$$\tau_{kM} = \frac{F_o \cdot \operatorname{tg}(\psi_M + \varphi'_M) \cdot \frac{d_{2M}}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot d_{3M}^3} = \frac{14000 \cdot \operatorname{tg}(2,48 + 13) \cdot \frac{11,026}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot 10,160^3} = 103,8 \text{ MPa} \quad (8.17)$$

Výsledná bezpečnost šroubu

$$k_{sM} = \frac{Re_s}{\sigma_{redM}} = \frac{Re_s}{\sqrt{\sigma_{tM}^2 + 4\tau_{kM}^2}} = \frac{640}{\sqrt{173,3^2 + 4 \cdot 103,8^2}} = 2,37 > 1,5 = k_s \quad (8.18)$$

Výsledná bezpečnost vyhovuje

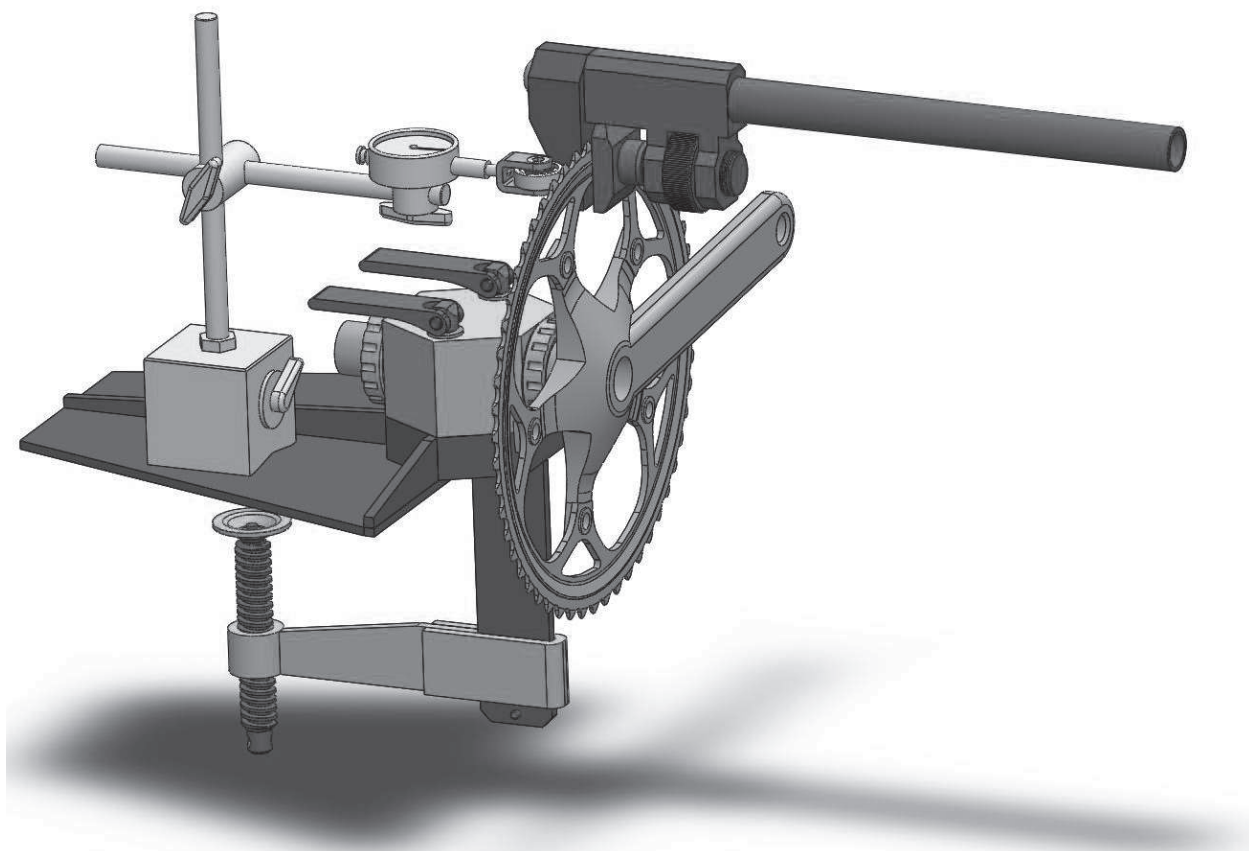
## 9. Závěr

Výsledkem práce je kompletní návrh zařízení pro rovnání cyklistických převodníků. Zařízení je uzpůsobeno pro všechny druhy převodníků. Je kompatibilní s nejpoužívanějšími druhy středových složení a je možné jej přepracovat i pro jiná atypická středová složení. Návrh zařízení je zaměřen na jednoduchou a rychlou obsluhu.

V práci je pro orientaci proveden rozbor trhu s převodníky a rozbor komponentů s převodníky souvisejícími. Dále se v práci nachází příklady poškození převodníků a možnosti předcházení těmto poškozením pomocí ochranných prvků.

Hlavní částí práce jsou návrhy konstrukce jednotlivých komponentů zařízení, jako jsou základna zařízení a vyměnitelná kostka s upínacím systémem. Tyto návrhy jsou podloženy pevnostními výpočty nejnamáhanějších komponentů zařízení. Dále se práce zabývá měřením nerovností převodníku pomocí číselníkového úchylkoměru se speciálním dotykem. V poslední části práce je řešen ruční nástroj pro rovnání poškozeného převodníku.

Součástí jsou také přílohy. V přílohách jsou doloženy technické výkresy sestavy, výkres výměnné kostky pro uložení středového složení a výkres páky upínáku. Bakalářská práce plně obsáhla a vyřešila zadané téma.



Obrázek 9.1 Zařízení pro rovnání cyklistických převodníků

# Literatura

- [1] DRASLÍK, František. *Strojnické tabulky pro konstrukci i dílnu*. Ostrava: Montanex, 1995. ISBN 80-85780-22-4.
- [2] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1290-8
- [3] NĚMČEK, Miloš. *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů. Spojce*. Skriptum VŠB-TU, Ostrava, Ostrava 2002, ISBN 80-248-0050-0.
- [4] ŘASA, Jaroslav a Josef ŠVERCL. *Strojnické tabulky 1 pro školu a praxi*. Scientia Praha, 2004. ISBN 80-7183-312-6.
- [5] BIKE ADVISOR. *bottom bracket and crankset types*. [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.bike-advisor.com/bicycle-guides/guide-bottom-bracket-and-crankset-types-sizes-standards-and-compatibility.html>
- [6] BIKE-FORUM CZ. *Křivé převodníky*. [online]. [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.bike-forum.cz/forum/krive-prevodniky-standard-u-levnych-klik>
- [7] BIKERUMOR. *Carbon Geared Crankset*. [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.bikerumor.com/2010/04/26/custom-carbon-geared-si-crankset-tips-scales-under-500g-with-bottom-bracket/>
- [8] BMX & MTB SHOP. *Převodník Renthal 1XR*. [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://topride.eu/produkt/prevodnik-rental-1xr-32-zubu-170337?cid=234>
- [9] FORUM DH-ZONE. *Truativ rockring*. [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://dh-zone.com/forum/viewtopic.php?f=3&t=54820>
- [10] KOLOKRÁM CZ. *Převodník SHIMANO SLX*. [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.kolokram.cz/prevodniky-mtb/20604-prevodnik-shimano-slx-fc-m675-38-zubu.html>
- [11] KUPKOLO CZ. *Kliky a převodníky*. [online]. [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: [http://www.kupkolo.cz/komponenty\\_k982/kliky-a-prevodniky\\_k824/](http://www.kupkolo.cz/komponenty_k982/kliky-a-prevodniky_k824/)
- [12] KUPKOLO CZ. *Středová složení*. [online]. [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: [http://www.kupkolo.cz/komponenty\\_k982/stredova-slozeni-osy\\_k56/](http://www.kupkolo.cz/komponenty_k982/stredova-slozeni-osy_k56/)
- [13] KTS. *Cervelo P2*. [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: [http://kts.pe.kr/bbs/board.php?bo\\_table=free\\_board&wr\\_id=24671](http://kts.pe.kr/bbs/board.php?bo_table=free_board&wr_id=24671)
- [14] MTBR. *Chainring Straightening*. [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <https://i.ytimg.com/vi/vb4Acrhhj-M/maxresdefault.jpg>
- [15] MYTWOHEELERS. *Style Spiderless chainring*. [online]. [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://mytwowheelers.blogspot.cz/2015/04/absoluteblack-oval-sram-xx1-style.html>



- [16] SHAMANRACING. *Produkty*. [online]. [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://shamanracing.com/>
- [17] SHIMANO CYCLING. *Online catalog*. [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://cycle.shimano-eu.com/>
- [18] SOMET CZ. *Číselníkové indikátory*. [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: [http://www.sometcz.com/obchod/indikatory/ciselnikovy-indikator-40-5x0-01-mm#tab\\_tab3](http://www.sometcz.com/obchod/indikatory/ciselnikovy-indikator-40-5x0-01-mm#tab_tab3)
- [19] SOMET CZ. *Stojánky s magnetickou základnou*. [online]. [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.sometcz.com/obchod/stojanky-podlozky-zakladny-a-chladici-hadice/stojanky-k-indikatorum/stojanky-s-magnetickou-zakladnou>
- [20] SPECIALIZED BYCICLE COMPANY. *Road bikes*. . [online]. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <https://www.specialized.com/cz/cs/bikes/road>

## Přílohy

Sestavný výkres zařízení pro rovnání cyklistických převodníků KRA0289-000

Výrobní výkres výměnné kostky KRA0289-001

Výrobní výkres páky upínáku KRA0289-002

Kompletní bakalářská práce a výrobní dokumentace v daném rozsahu je v elektronické podobě uložena na CD mediu.

### Poděkování

Poděkování patří vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Miroslavu Buriánovi za odborné připomínky a pomoc při vypracování bakalářské práce.

V Ostravě 16. 5. 2016 .....

.....  
podpis studenta